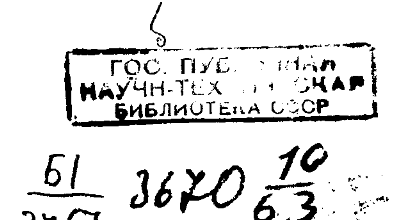
ФИЗИКА ДЕЙСТВИЯ ЯДЕРНЫХ СИЛ

ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СОЮЗА ССР
МОСКВА — 1[illegible]

ФИЗИКА ДЕЙСТВИЯ ЯДЕРНЫХ СИЛ

СБОРНИК СТАТЕЙ

Военное Издательство
Министерства Обороны Союза ССР
Москва — 1954



ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА

Настоящий сборник составлен из статей, опубликованных в газете «Красная звезда» в мае — июне 1954 года. Редакторы — составители сборника полковник Н. Н. Денисов и инженер-майор П. Т. Асташенков.



*Профессор доктор технических наук
генерал-майор инженерно-технической службы*
Г. И. ПОКРОВСКИЙ

УДАРНАЯ ВОЛНА

Открытие практического пути освобождения энергии атомных ядер является выдающимся достижением науки. Огромный вклад в развитие атомной физики, в изучение ядерных реакций внесли наши ученые — представители самой передовой в мире советской научно-технической мысли. Великой заслугой советских ученых является все растущее использование атомной энергии как в интересах ограждения безопасности нашей Родины, так и в мирных промышленных целях. Большое внимание ученые уделяют изучению ядерных реакций взрывного типа и сопровождающих их физических процессов — возникновения и действия ударной воздушной волны, светового излучения, проникающей радиации. Глубокое исследование физики действия ядерных сил имеет важное значение для применения грандиозного количества выделяющейся при взрывах ядерной энергии в самых различных целях.

* * *

Одним из физических процессов, сопровождающих ядерную реакцию взрывного типа, является возникновение и действие ударной волны. Свой-

ства ударной волны во многом зависят от характера взрыва. Остановимся прежде всего на атомном взрыве, происходящем в воздухе. Такие взрывы могут производиться при помощи соответствующего взрывателя на определенной высоте. Эта высота чаще всего составляет несколько сотен метров и зависит от количества энергии, выделяемой при взрыве. Чем больше это количество энергии, тем больше и высота, выбираемая для взрыва.

При атомном взрыве вещество ядерного заряда и его оболочки превращается в течение миллионных долей секунды в раскаленную массу, имеющую температуру более миллиона градусов. В этой массе отдельные частицы вещества — молекулы— разбиты на атомы, а атомы также разрушены на отдельные электроны и освобожденные от электронных оболочек атомные ядра. Воздух, окружающий место взрыва, весьма сильно нагревается. Получается ярко светящийся огненный шар, внутри которого возникает сверхвысокое давление. Вследствие этого огненный шар начинает быстро расширяться, температура его резко падает. Сжатие воздуха передается все дальше и дальше, и в окружающее пространство уходит ударная волна.

Процессы формирования воздушной ударной волны при обычном и атомном взрыве очень схожи. Это позволяет сравнивать механические действия различных взрывов друг с другом и определять, какое количество обычного взрывчатого вещества, например тротила, соответствует по своему действию тем или иным атомным или водородным зарядам. Это количество обычного взрывчатого вещества называется тротиловым эквивалентом. Тротиловый эквивалент атомных

взрывов может составлять несколько десятков тысяч тонн.

Рассмотрим подробнее, что представляет собою воздушная ударная волна. В левой части рисунка 1 дана картина атомного взрыва в воздухе. Ударная волна является в этом случае шаровым слоем сильно сжатого воздуха, который быстро расширяется во все стороны. Снаружи шаровой слой имеет резкую границу, которую обычно называют скачком уплотнения или фронтом ударной волны. На помещенном рядом с картиной взрыва графике видно, что давление (P) на фронте ударной волны наибольшее. Ближе к центру взрыва давление и плотность воздуха снижаются постепенно, так что внутренняя граница уплотненного слоя неопределенна. За слоем сжатого воздуха следует слой разреженного воздуха. Часть кривой, соответствующая давлению в этом слое, расположена на графике слева от вертикальной оси.

Ударная волна движется по направлению, идущему от центра взрыва, с очень большой скоростью. Вблизи от места взрыва эта скорость превосходит один километр в секунду, что соответствует многим тысячам километров в час. При удалении от места взрыва ударная волна постепенно замедляет свое перемещение, и ее скорость приближается к скорости звука в воздухе, что составляет около одной трети километра в секунду.

Воздух, увлеченный ударной волной, движется сам с большой скоростью. Эта скорость, правда, заметно меньше скорости фронта ударной волны, но все же составляет несколько сотен метров в секунду. Только на очень больших расстояниях от места взрыва она падает до скорости обычного ветра.

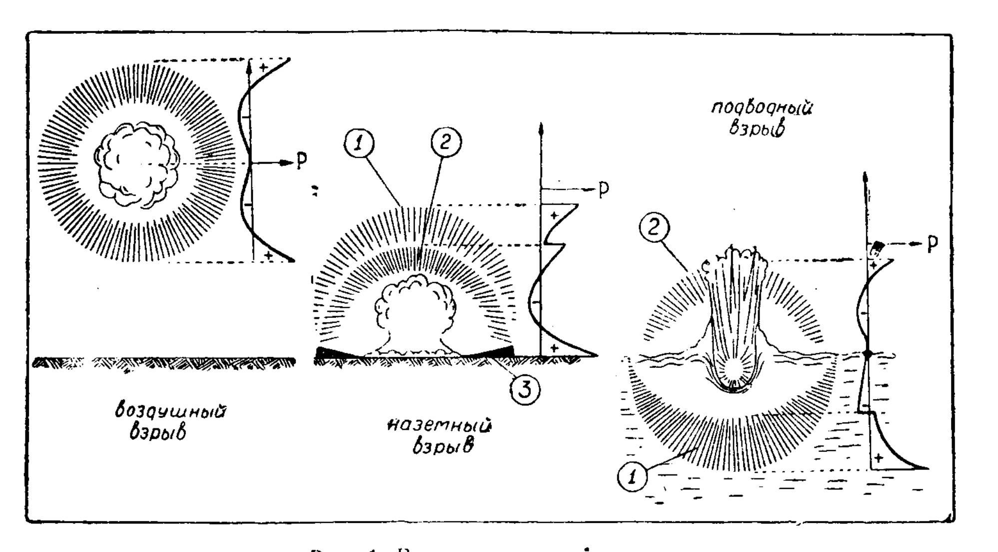


Рис. 1. Виды атомных взрывов

Когда воздушная ударная волна проходит вдоль местности, то создается впечатление, что внезапно налетает и длится секунду-другую ураган необычной силы.

Набегающая на различные преграды масса сжатого и быстро движущегося воздуха производит на них весьма сильное давление. Это давление тем больше, чем больше тротиловый эквивалент заряда и чем меньше расстояние от места взрыва. Повышенное давление может оказать разрушительное действие значительной силы. Так, например, капитальные городские здания разрушаются, когда давление составляет около пяти тонн на квадратный метр. Люди получают смертельную контузию при давлении примерно около 20 тонн на квадратный метр. Давление ударной волны в две тонны на квадратный метр люди обычно выдерживают без каких-либо опасных для организма последствий.

Воздушная ударная волна может подхватывать и увлекать за собой различные предметы, иногда весьма тяжелые. Она способна опрокинуть автомашины, пушки, танки, сорвать с опор мосты, поднять в сухую погоду громадные облака пыли.

Вслед за зоной сжатого и увлеченного ударной волной воздуха следует, как уже указывалось выше, зона разрежения. В этой зоне давление воздуха ниже нормального, и он движется по направлению к центру взрыва. Если воздух влажный, то в зоне разрежения образуется туман, который может держаться несколько секунд. Наблюдая издали движение туманной завесы, можно следить за перемещением воздушной ударной волны.

Действие воздушной ударной волны зависит от высоты взрыва. Если взрыв произошел на определенной высоте над землей, то ударная волна у

поверхности земли усиливается и ее разрушающее действие получается более значительным, чем при взрыве непосредственно на грунте. Это характерно для ровной, открытой местности. Наоборот, при неровной, сильно пересеченной местности, особенно если она покрыта крупным лесом, скалами, прочными сооружениями, механическое действие взрыва оказывается более слабым. Исходя из всего этого, можно указать и меры защиты от ударной воздушной волны. За насыпями, валами, в окопах, ямах, оврагах ее действие может быть снижено.

Расстояния от места взрыва, на которых ударная воздушная волна производит определенное разрушительное действие, зависят от величины тротилового эквивалента соответствующего атомного или водородного заряда. При этом небольшое увеличение расстояния, на котором ударная волна должна произвести заданное разрушительное действие, требует значительного роста тротилового эквивалента.

При взрыве атомного заряда на некотором расстоянии от поверхности земли (см. среднюю часть рисунка 1) образуются основная (1) и отраженная (2) ударные воздушные волны. На графике давлений показаны соответственно два скачка уплотнений. Непосредственно у поверхности земли происходит сложение падающей и отраженной волн (3). В результате сила механического действия атомного взрыва резко возрастает. Увеличение давления у земли показано на графике в виде третьего, наибольшего отклонения кривой вправо.

Весьма своеобразны явления, наблюдающиеся при взрывах атомных и водородных зарядов под водой (см. правую часть рисунка 1). Механическое действие в этих случаях проявляется прежде

всего в образовании мощной ударной волны в воде (1), имеющей гораздо большую скорость и производящей гораздо более сильное давление на встречные предметы, чем воздушная ударная волна (2). Наивысшее давление, как это показано на графике, наблюдается на фронте ударной волны в воде. Области разрежения возникают как в воздухе, так и в воде.

Атомный взрыв под водой оказывается сильнее в том случае, когда глубина центра взрыва составляет несколько сотен метров и определенным расчетом связана с величиной тротилового эквивалента. При взрывах на глубине в несколько метров и даже в несколько десятков метров механическое действие атомного, а тем более водородного взрыва заметно уменьшается. Поэтому наиболее опасными в отношении действия подводного взрыва атомного заряда следует считать глубокие водоемы, водохранилища, рейды.

Рассмотрим четвертый случай — взрыв атомного или водородного заряда на некоторой глубине под поверхностью земли. В этом случае воздушная ударная волна значительно ослабляется. Зато в грунте возникает воронка огромных размеров, происходит сильное сотрясение грунта, напоминающее небольшое местное землетрясение, а грунт, выброшенный из воронки, летит на значительные расстояния и сам становится поражающим фактором.

Особенности подземного атомного или водородного взрыва легко представить себе на таком примере. В 1883 году произошел знаменитый взрыв вулкана на острове Кракатау в Зондском архипелаге (Индийский океан). Тротиловый эквивалент при этом взрыве, повидимому, превзошел сто миллионов тонн.

При взрыве вулкана Кракатау многие кубические километры грунта были подняты на высоту, превосходящую самые высокие горы, а воздушная ударная волна была записана барографами на метеостанциях всего мира в виде небольшого повышения давления атмосферы. По этим записям можно установить, что ударная волна в атмосфере обошла земной шар три раза. В результате взрыва была разрушена большая часть острова и на месте разрушенной части образовалась впадина, едва не достигшая трехсот метров в глубину. Взрыв сопровождался сильным морским волнением, причем волны поднимались на высоту больше 30 метров. Массы мельчайшей пыли проникли в стратосферу и были видны в разных местах на расстояниях в тысячи километров от места взрыва.

Исходя из этого примера, можно судить о том, какие грандиозные перспективы в области строительства могут открыться при покорении и разумном использовании человеком энергии взрывов, приближающихся по силе к взрыву вулкана на острове Кракатау.

Исследование физики атомного и водородного взрыва позволяет советским ученым решать проблемы использования ядерных сил в мирных целях, и в частности в строительном деле. С помощью взрывов атомных и водородных зарядов можно прокладывать каналы и дороги, готовить котлованы под гидротехнические сооружения, вскрывать карьеры для добычи угля и других полезных ископаемых открытым способом. Наши ученые настойчиво трудятся над тем, чтобы поставить достижения атомной физики на службу советского народа, на повышение его благосостояния.

═══ o o ═══

о о ═══════ о о о ═══════ о о

Кандидат технических наук
инженер-подполковник М. П. АРХИПОВ

СВЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Исследование ядерных реакций показало, что энергия, выделяющаяся при распаде и образовании ядер, в миллионы раз больше, чем энергия, связанная с превращениями электронных оболочек атомов. Примерно одна треть всего количества энергии, освобождающейся при цепных реакциях взрывного типа, выделяется в виде светового излучения.

Взрыв обычных боеприпасов, как известно, также сопровождается световым излучением, однако оно существенно отличается от светового излучения атомного взрыва. Происходит это потому, что температура в месте взрыва обычных боеприпасов достигает всего лишь четырех-пяти тысяч градусов. Кроме того, светящаяся область занимает малый объем и сама вспышка света длится очень короткое время (тысячные доли секунды).

Иная картина наблюдается при атомном взрыве. Благодаря выделению громадного количества энергии за весьма короткий промежуток времени окружающая среда нагревается до очень высокой температуры, доходящей до нескольких десятков миллионов градусов. При такой высокой

температуре в месте взрыва молекулы воздуха и других веществ распадаются на атомы, а те в свою очередь ионизируются, т. е. теряют электроны из электронной оболочки и превращаются в электрически заряженные частицы (ионы).

Остающиеся после взрыва вещества — часть ядерного горючего, не успевшего прореагировать, испарившийся материал оболочки, а также раскаленный воздух образуют огненный шар, давление внутри которого гораздо выше, чем снаружи. Вследствие резкого различия в давлении продукты взрыва и раскаленный воздух начинают быстро расширяться со скоростью, значительно превосходящей скорость звука. При этом окружающий воздух сжимается, создается ударная воздушная волна. В течение некоторого малого периода времени, измеряемого от момента взрыва десятыми долями секунды, ударная волна движется вместе с внешней поверхностью огненного шара, а затем отрывается от него, уходя в окружающее пространство.

После отрыва ударной воздушной волны от огненного шара последний продолжает расти, но скорость роста его с течением времени уменьшается. При атомном взрыве на земле образуется не шар, а огненная полусфера, но характер протекающих при этом процессов тот же самый. За несколько секунд, в зависимости от величины атомного или водородного заряда, огненный шар (полусфера) достигает в поперечнике многих сотен метров.

По мере увеличения шара температура его поверхности уменьшается. Однако к моменту максимального расширения шара она некоторое время все еще превосходит по величине температуру поверхности солнца (6000°). Это объясняется при-

током тепла за счет рекомбинаций атомов азота и кислорода — процесса, обратного ионизации: электроны присоединяются к положительному остатку атома, из атомов образуются молекулы. Если на ионизацию затрачивалась тепловая энергия непосредственно после взрыва заряда, то теперь такое же количество тепла выделяется.

После окончания процесса рекомбинации атомов температура поверхности огненного шара быстро падает, свечение прекращается. Шар превращается в бурое облако с розовыми просветами, которое в течение нескольких минут поднимается на высоту 10—15 километров, образуя фигуру, напоминающую огромный гриб.

Таким образом, при атомном взрыве в воздухе появляется огненный шар (при наземном взрыве — полусфера) диаметром в сотни метров, с температурой поверхности, превышающей температуру поверхности солнца, и со временем свечения в несколько секунд. Почти все вещества в области огненного шара полностью сгорают. Металлы плавятся или даже воспламеняются. Некоторые типы почв сплавляются, превращаясь в твердую стекловидную массу. За пределами огненного шара поражающее действие его светового излучения будет сказываться в обугливании и воспламенении некоторых материалов, в ожогах открытых частей тела человека.

Характер поражения — воспламенение, обугливание или ожоги — определяется тем количеством световой энергии, которое падает на один квадратный сантиметр поверхности освещаемого тела за все время излучения огненного шара. Это количество световой энергии называют световым импульсом.

Величина светового импульса зависит прежде

всего от температуры поверхности огненного шара, которая определяет его светимость, т. е. количество световой энергии, излучаемой за секунду с одного квадратного сантиметра поверхности. Светимость пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры поверхности шара. Такая зависимость означает, что если температура увеличится вдвое, то светимость увеличивается в

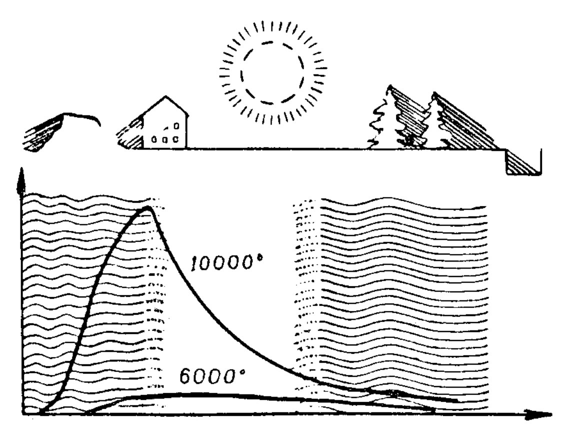


Рис. 2. Зоны затенения светового излучения (верхний рисунок). Распределение световой энергии по длинам волн электромагнитного спектра

16 раз, повышение температуры втрое вызывает рост светимости в 81 раз и т. д. Отсюда видно, как велико влияние температуры огненного шара на его способность излучать световую энергию.

От температуры поверхности огненного шара зависит также распределение излучаемой им световой энергии по длинам волн электромагнитного спектра. На графике (рис. 2) изображены три ча-

сти спектра светового излучения — слева невидимая ультрафиолетовая часть (заштрихована синусоидами), посредине — видимая часть, справа — невидимая инфракрасная часть (также заштрихована синусоидами). Там же показаны кривые, характеризующие распределение световой энергии по длинам волн для солнца (6000°) и для источника с температурой поверхности 10 000°. Из графика (рис. 2) видно, что, во-первых, чем больше температура поверхности, тем выше светимость (больше площадь между кривой и горизонтальной осью), во-вторых, по мере увеличения температуры наибольшая высота кривой передвигается в сторону коротких волн. Это значит, что чем выше температура источника световой энергии, тем больше излучается света в ультрафиолетовой — невидимой части спектра. А как известно, чем сильнее ультрафиолетовое излучение, тем бо́льшими получаются ожоги открытых частей тела. При температуре ниже 5000° поражение наносят в основном инфракрасные лучи, которые излучаются огненным шаром на более поздних стадиях его развития.

Кроме температуры, на величину светового импульса влияют размеры огненного шара, расстояние от места взрыва, состояние атмосферы и время свечения шара. Зависимость светового импульса от расстояния определяется известным физическим законом, согласно которому величина светового импульса обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника световой энергии до освещаемой поверхности. Это значит, что, если расстояние увеличивается в два раза, световой импульс уменьшается в четыре раза.

На распространение светового излучения оказывает влияние атмосфера, ибо световая энергия мо-

жет поглощаться молекулами воздуха и частично ими рассеиваться. И то и другое приводит к ослаблению светового импульса. Излучения различных частей спектра по-разному поглощаются воздухом. Молекулы воздуха сильно поглощают ультрафиолетовую часть спектра и почти совсем не поглощают видимые и инфракрасные лучи. Появление в воздухе водяных паров вызывает более заметное поглощение определенной части инфракрасных лучей. Особенно резкое ослабление светового импульса происходит при наличии в атмосфере тумана, дождя, снега, пыли и т. д. В этих случаях величина светового импульса может быть в десятки раз меньше, чем при хорошей видимости.

За счет светового импульса происходит нагревание освещаемых тел. Степень нагрева зависит от количества поглощаемой световой энергии, от материала и размеров освещаемого тела. Падающая на тело световая энергия частично отражается от его поверхности, частично поглощается телом, частично проходит через тело, если оно прозрачно. Поглощение световой энергии при ее падении на поверхность различных тел может быть весьма различным. Например, полированный алюминий поглощает около 26 процентов падающей на него световой энергии. Красная черепица поглощает 70 процентов энергии. Поверхности, окрашенные белой краской, поглощают от 12 до 26 процентов световой энергии.

Нагревание поверхности зависит от того, какое количество световой энергии дойдет до данного тела и поглотится им. А степень нагревания в свою очередь определяет характер поражения — воспламенение, обугливание или оплавление. Действие светового излучения на открытые части тела

человека проявляется в ожогах той или иной степени. При более сильных световых импульсах может произойти даже обугливание открытых частей тела. Ожоги наблюдаются лишь на тех частях тела, которые обращены в сторону атомного взрыва. В зависимости от величины атомного или водородного заряда ожоги открытых частей тела могут наблюдаться на расстоянии в несколько километров от места взрыва.

Световое излучение может оказать вредное воздействие на зрение. При прямом наблюдении атомного взрыва с близкого расстояния возникают необратимые повреждения сетчатки. При больших расстояниях (до десятка километров) от места атомного взрыва световое излучение способно вызвать за счет большой яркости огненного шара временную потерю зрения, а за счет мощного потока ультрафиолетового излучения — ожоги роговицы и слизистой оболочки глаз. Ожоги от ультрафиолетовых лучей начинают сказываться лишь спустя 6—8 часов после облучения. При этом наблюдаются слезотечение, резкая светобоязнь, боль. Через несколько дней заболевание проходит.

Все вышесказанное относилось к атомному взрыву в воздухе и на земле. При подземном и подводном взрыве поражающее действие светового излучения можно не учитывать, ибо излучение в этом случае идет на нагревание и испарение сред, лежащих вблизи от места взрыва.

Воздействие светового излучения на людей можно серьезно ослабить или предотвратить совершенно, если предусмотреть меры защиты от него. Прежде всего следует использовать искусственные сооружения — траншеи, окопы, щели, а также неровности почвы, лес и кустарник. В верх-

ней части рисунка 2 показаны затененные участки местности, в пределах которых световое излучение не действует или значительно ослаблено.

Применять наземные сооружения в качестве защиты от светового излучения нужно с большой осторожностью, ибо они могут быть разрушены действием ударной воздушной волны. Для предохранения от светового излучения вне укрытий могут быть использованы специальные накидки из невоспламеняющегося материала. Шинель и другое обмундирование также оказывает защитное действие. Следует помнить, что любая непрозрачная преграда, препятствующая прямому распространению светового излучения, может служить защитой от его поражающего действия.

При атомном взрыве к разрушительному действию ударной воздушной волны добавляется еще поражающее действие светового излучения. Учитывая возможность громадных разрушений при применении атомных и водородных бомб, Советский Союз настойчиво выступает за безотлагательное запрещение всех видов атомного оружия. Советский народ полон решимости направить громадное количество энергии, выделяющейся при атомных взрывах, на мирные промышленные цели.

═══ o o ═══

Кандидат технических наук
инженер-подполковник А. И. СЕДОВ

ПРОНИКАЮЩАЯ РАДИАЦИЯ

Виднейшее место среди научных достижений нашего века занимает открытие искусственной радиоактивности. Исследование радиоактивности позволило глубже заглянуть в тайны атомного ядра и сделать ряд важных выводов о характере ядерных сил и об их использовании. В дальнейшем оказалось, что законы радиоактивности позволяют с достаточной полнотой выяснить физические процессы, связанные с ядерными реакциями взрывного типа, и, в частности, сущность радиоактивных излучений, сопровождающих атомный взрыв.

Выделение энергии при атомном взрыве происходит в результате деления ядер тяжелых атомов на два ядра более легких элементов. Этот процесс сопровождается (см. верхнюю часть рисунка 3) выбрасыванием от одного до трех нейтронов (н) и испусканием гамма-лучей (ф). Полученные при делении осколки (оя) разлетаются в разные стороны с огромной скоростью. В кинетическую энергию их движения преобразуется восемьдесят процентов всей энергии, выделяемой при атомном

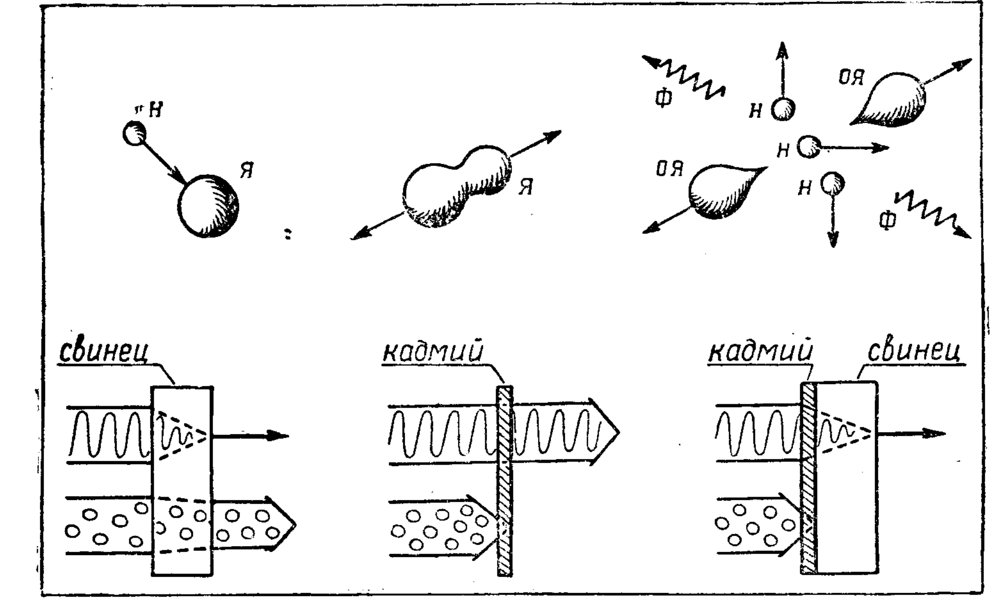


Рис. 3. Процесс деления ядра под действием нейтрона. Поглощение проникающей радиации различными металлами

взрыве. Еще пять процентов энергии уносят поток нейтронов и гамма-лучи. Остальные пятнадцать процентов энергии освобождаются уже после взрыва в процессе радиоактивных превращений продуктов деления ядер атомного горючего.

Составными частями излучений, сопровождающих атомный взрыв, считаются гамма-лучи и поток нейтронов. Характерная особенность этих излучений, испускаемых непосредственно в момент взрыва, заключается в том, что они сравнительно легко проникают через значительные толщи различных материалов. Благодаря этому поток нейтронов и гамма-лучи назвали проникающей радиацией в отличие от альфа- и бета-излучений, обладающих гораздо меньшей проникающей способностью.

Рассмотрим некоторые свойства проникающей радиации. Гамма-лучи представляют собой коротковолновое электромагнитное излучение. Установлено, что энергия электромагнитных колебаний излучается отдельными порциями — квантами, связанными со вполне определенной массой. Следовательно, гамма-лучи можно рассматривать как поток материальных частиц, называемых фотонами. При прохождении фотонов через вещество в результате взаимодействия их с атомами образуются так называемые электроны отдачи. Эти электроны, обладая большой кинетической энергией, производят во много раз большую ионизацию атомов, чем непосредственно сами гамма-лучи.

При делении ядер и при распаде осколков испускаются гамма-лучи различной энергии. Они поразному проходят в различных веществах. Гамма-лучи средней энергии, отдавая часть энергии электронам атомов, изменяют направление своего движения и рассеиваются. В результате этого по-

ток лучей, проходящий через ту же самую площадку, значительно уменьшается.

Гамма-лучи большой энергии в ряде случаев способны вызвать образование новых радиоактивных ядер. Например, под воздействием гамма-лучей такой элемент, как кремний, превращается в радиоактивный алюминий, который распадается, выбрасывая бета-частицы и излучая новые гамма-лучи. Однако подобные превращения происходят редко.

Проникающую способность гамма-излучения характеризуют обычно толщиной слоя половинного ослабления, проходя через который излучение становится в два раза слабее. Толщина этого слоя для свинца 1,5—1,8 см, для железа 2—3 см, для алюминия 6—7 см, для бетона 7—10 см, для земли 12—15 см.

Из приведенных данных легко видеть, что проникающая способность гамма-лучей тем больше, чем меньше плотность вещества. Иначе говоря, легкие материалы лучше пропускают гамма-лучи, чем тяжелые. Кроме того, проникающая способность зависит от энергии гамма-лучей. Лучи, обладающие большей энергией, легче проникают через вещество.

Мощные потоки радиоактивных излучений оказывают вредное биологическое действие на живой организм. Степень воздействия зависит от количества энергии излучения, воспринятой организмом за все время облучения, или, как говорят, от дозы облучения.

Если интенсивность излучений очень высока и превышает допустимые нормы, то для ослабления их используются защитные преграды из того или иного материала. Допустим, что на некотором расстоянии от центра атомного взрыва интенсивность

гамма-излучений составляет 10 допустимых для человека доз. Следовательно, защитное сооружение должно обеспечить десятикратное ослабление. Такое ослабление может дать, например, пластинка свинца толщиною около 5 см (см. левую часть нижнего рисунка 3. Гамма-лучи изображены стрелкой с синусоидой).

Однако, обеспечивая защиту от гамма-лучей, необходимо учитывать и другую часть проникающей радиации — поток нейтронов. Нейтроны — электрически незаряженные частицы, проходя через вещество, практически не вступают во взаимодействие с электронами. Они теряют свою энергию только при взаимодействии с атомными ядрами. В результате этого нейтроны могут захватываться ядром или рассеиваться вследствие упругих соударений.

Проникающая радиация содержит медленно и быстро движущиеся нейтроны. Быстрые нейтроны теряют свою энергию в основном в результате соударений с ядрами атомов. Причем энергия нейтронов падает тем скорее, чем легче ядра. Поэтому наиболее сильно замедляют движение быстрых нейтронов такие вещества, как тяжелая вода, парафин, графит. Медленные нейтроны, обладающие малой энергией, поглощаются главным образом за счет захвата их ядрами атомов. Хорошо поглощают медленные нейтроны такие элементы, как кадмий, бор, кобальт, марганец. В нижней части рисунка 3 показано, что пластинка кадмия толщиной в 0,5 мм полностью поглощает все медленные нейтроны (обозначены стрелкой с кружками), в то время как пластинка свинца толщиной в 5 см задерживает лишь около 5 процентов нейтронов. Следовательно, при необходимости организовать защиту от обеих частей проникающей

радиации можно применить комбинации различных веществ.

Действие нейтронов и гамма-лучей является кратковременным: они очень быстро теряют свою энергию при прохождении через вещества (воздух, грунт и т. п.), а радиоактивные осколки ядер, увеличивающие поток гамма-лучей, после атомного взрыва уносятся вместе с дымовым облаком. Дополнительная опасность поражения, вызываемая потоком нейтронов, состоит в том, что они могут создавать искусственную радиоактивность многих элементов, входящих в состав почвы, воды и пр.

Так, например, под действием потока нейтронов элемент натрий становится радиоактивным. Он распадается, выбрасывая бета- и гамма-лучи, превращаясь при этом в магний. Период полураспада натрия — 14,8 часа. Образование радиоактивного натрия опасно тем, что этот элемент широко распространен в природе. Он имеется в воде, в живых тканях, входит в состав солончаковых почв. Поток нейтронов превращает также кремний, содержащийся в большом количестве в грунтах, в радиоактивный элемент, распадающийся с выбрасыванием бета-частиц.

Таким же образом поток нейтронов воздействует и на другие элементы — алюминий, калий, марганец, железо. В результате этих радиоактивных превращений испускаются бета- и гамма-лучи, возникают ядра новых элементов.

Ядерные превращения, о которых говорилось выше, относятся к реакциям захвата ядрами атомов сравнительно медленных нейтронов. Но при атомном взрыве возможны и реакции с быстрыми нейтронами. Эти реакции сопровождаются выбрасыванием альфа-частиц или протонов. Натрий,

например, под действием быстрых нейтронов превращается в радиоактивный неон, выбрасывая протоны, или в радиоактивный фтор, выбрасывая альфа-частицы.

Подобные реакции происходят и при подводном атомном взрыве. В этом случае под действием нейтронов может происходить разложение молекул воды. Кроме того, могут получаться радиоактивные изотопы химических элементов, содержащихся в воде (натрий, хлор и др.).

Агрессивные силы империалистических государств, стремящиеся развязать новую войну с применением средств массового уничтожения, пытаются использовать способность нейтронов вызывать наведенную радиоактивность для усиления поражающих свойств атомного и водородного оружия. Именно с этой целью зарубежными реакционными кругами поднята шумиха вокруг так называемой кобальтовой бомбы. Процесс, происходящий в кобальтовой бомбе, рисуется следующим образом. В результате термоядерной реакции образуется большое количество свободных нейтронов. Оболочка бомбы, выполненная из кобальта, захватывает эти нейтроны. В результате возникает радиоактивный изотоп кобальта, который распадается, выбрасывая бета- и гамма-лучи с периодом полураспада 5,3 года.

Пытаясь запугать народы «новым» оружием, империалисты утверждают, что взрыв кобальтовой бомбы в результате заражения местности радиоактивной кобальтовой пылью может сделать целые районы на долгое время недоступными для человека. Однако эти утверждения не имеют под собой достаточных оснований. Известно, что кобальт, имея большой период полураспада, обладает сравнительно невысокой активностью излу-

чений. Кроме того, следует учитывать и сильное рассеивание кобальтовой пыли. При этих условиях особенно угрожающей интенсивности излучений ожидать трудно.

Радиоактивные излучения оказывают влияние на различные материалы, зачастую изменяя их свойства. Так, под воздействием излучений в органических веществах, жидкостях и газах может происходить разрушение молекул. Однако заметное изменение свойств органического вещества, например нефтепродуктов, наблюдается лишь при очень большой мощности излучений.

Под действием радиоактивных излучений стекло может изменить свой цвет. Например, обычное стекло, состоящее в основном из кремнезема (окиси кремния) и окислов кальция и натрия, темнеет, Металлы отличаются очень прочной, плотной структурой. Излучения не вызывают в них заметных изменений физико-химических свойств. Все фотоматериалы под действием проникающей радиации засвечиваются.

Поражающее действие производит не только проникающая радиация, но и излучение радиоактивных веществ. Они выпадают на землю после атомного взрыва и вызывают радиоактивное заражение местности. Влияние радиоактивных веществ зависит от того, где производился взрыв — в воздухе, на земле или под водой. Весьма сильное заражение местности радиоактивными веществами получается при наземном взрыве. Еще большую опасность представляют радиоактивные осколки ядер при подводном взрыве, когда основная масса их оказывается заключенной в выбрасываемом вверх столбе воды. Затем, падая вниз, эти осколки концентрируются в непосредственной близости от места взрыва.

* * *

В связи с опасностью огромных разрушений и массового уничтожения людей атомными и водородными бомбами Советский Союз решительно ведет борьбу за их безусловное запрещение. Одновременно с этим в Советском Союзе проводятся большие работы по использованию атомной энергии, радиоактивных элементов и их излучений в народном хозяйстве.

═══ о о ═══

Кандидат технических наук
инженер-подполковник А. И. СЕДОВ

РАДИОАКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА

Самопроизвольное превращение ядер атомов одних элементов в ядра атомов других элементов называется радиоактивным распадом. Вызванное этим распадом испускание невидимых лучей получило наименование радиоактивности. Вещества, в которых происходят ядерные превращения с испусканием излучения, называются радиоактивными.

Впервые радиоактивность была обнаружена у таких встречающихся в природе тяжелых элементов, как уран, радий и др. Впоследствии удалось найти другие естественные радиоактивные изотопы, например, изотопы калия, рубидия. Однако все эти изотопы имеют очень большой период полураспада, т. е. время, в течение которого распадается половина ядер радиоактивного вещества. Следовательно, они обладают очень слабой активностью — испускают в единицу времени малое количество частиц. К тому же естественные радиоактивные вещества встречаются в природе весьма редко.

Вопрос об использовании радиоактивных веществ в той или иной области мирного и военного применения приобрел практическое значение лишь после открытия искусственной радиоактивности.

Достаточно сказать, что искусственным путем сейчас создано уже свыше 700 радиоактивных изотопов. Весьма много радиоактивных веществ получается в результате деления ядер урана при работе атомных котлов.

Излучение радиоактивных веществ при значительной его интенсивности оказывает чрезвычайно вредное влияние на организм человека. Именно поэтому реакционные круги империалистических государств, вынашивающие планы развязывания новой войны, видят в радиоактивных веществах еще одно средство массового уничтожения людей.

Советский Союз, проводя политику мира и дружбы между народами, настойчиво добивается безусловного запрещения атомного и водородного оружия, боевого использования радиоактивных веществ.

Радиоактивные вещества искусственным путем могут быть получены в результате бомбардировки устойчивых ядер нейтронами, протонами, дейтеронами (ядра тяжелого водорода) и другими частицами. Наиболее успешно протекают реакции взаимодействия с нейтронами. Эти частицы не имеют какого-либо электрического заряда, поэтому при приближении к ядру не испытывают отталкивания. Почти все элементы вступают в реакции с нейтронами, и наибольшее количество радиоактивных веществ получается при нейтронных реакциях.

Мощным источником нейтронного излучения является атомный котел. Выделяемые при его работе нейтроны могут быть использованы для получения в больших количествах самых разнообразных радиоактивных веществ.

Накопление того или иного радиоактивного изо-

топа при облучении вещества происходит не сразу, а постепенно. Чем длительнее и интенсивнее облучение, тем больше получается радиоактивных продуктов. Одновременно с образованием радиоактивных изотопов происходит их распад. С течением времени число распадающихся ядер будет увеличиваться — в определенный момент оно будет равно числу образующихся радиоактивных атомов. Этот момент практически наступает через промежуток времени, равный трем-пяти периодам полураспада. В дальнейшем уже не будет увеличения количества радиоактивных продуктов.

Одной из важных характеристик каждого радиоактивного вещества является его активность, показывающая, какое число атомов распадается в одну секунду. Чем активнее вещество, тем больше число испускаемых им частиц, тем выше мощность излучения. С возрастанием мощности излучения, естественно, усиливается и его поражающее действие. Разумеется, говоря о поражающем действии излучений, необходимо также учитывать их вид и энергию.

Важное значение имеет знание активности одного грамма вещества, или, как говорят, удельной активности. Удельная активность увеличивается с уменьшением атомного веса и периода полураспада. Следовательно, долгоживущие изотопы с точки зрения поражающего действия будут менее опасными, чем короткоживущие, взятые в тех же количествах и с той же энергией излучения. Тем не менее для длительного заражения могут быть использованы именно долгоживущие изотопы.

В какой степени удельная активность вещества зависит от периода его полураспада, можно видеть из такого примера. При воздействии на нат-

рий нейтронами, обладающими достаточно большой энергией, можно получить радиоактивный изотоп натрия с атомным весом 22. Его период полураспада 3 года, а удельная активность более чем в пять раз выше, чем, например, у кобальта с атомным весом 60 и периодом полураспада 5,3 года.

При облучении любого элемента получается не один, а несколько радиоактивных изотопов. Дело в том, что сами химические элементы представляют собой смесь изотопов. Поэтому под действием потока нейтронов из одного элемента могут получиться различные радиоактивные изотопы. Так, например, при облучении чистого природного железа получается смесь радиоактивных продуктов, различающихся и по периоду полураспада и по виду излучения. Получаются радиоактивные изотопы железа с атомными весами 53, 55 и 59, периодами полураспада соответственно 9 минут, 4 года и 57 дней и радиоактивный изотоп марганца с атомным весом 56 и периодом полураспада 2,6 часа.

Еще большее разнообразие радиоактивных веществ — осколков деления ядер урана — получается в атомных котлах. При воздействии нейтрона ядро урана делится на два осколка, которые представляют собой ядра более легких атомов, причем в результате деления могут получаться различные пары осколков, например, барий и криптон, бром и лантан и т. д. В атомном котле получается около 300 различных изотопов 35 элементов с атомным весом от 72 до 158. Наиболее распространенными изотопами среди осколков деления урана являются изотопы стронция, иттрия, циркония, теллура, молибдена, иода, ксенона, бария, лантана и церия.

Радиоактивные осколки переходят в устойчивое состояние, испуская бета-лучи; часто такое излучение сопровождается испусканием гамма-лучей. Обычно переход к устойчивому состоянию составляет целую цепочку радиоактивных превращений. На рисунке 4 показаны три цепочки таких превращений, сопровождающихся бета-излучением, а также гамма-излучением. Период полураспада у изображенных изотопов различен. Так, у циркония с атомным весом 93 он составляет 63,5 суток, у бария с атомным весом 139, входящего в цепочку радиоактивных превращений короткоживущих изотопов, не превышает всего 87 минут.

За счет распада короткоживущих изотопов общая активность осколков деления ядер урана быстро падает. Следовательно, чем длительнее хранятся радиоактивные вещества, тем ниже интенсивность их излучений. На рисунке 4 показано уменьшение общей активности осколков деления в зависимости от времени. По горизонтальной оси отложено время в сутках, по вертикальной оси — удельная активность в процентах. За исходную активность принята активность, которую имеют осколки через 10 дней после деления ядер в атомном котле. Особенно сильное падение активности, как видно из рисунка, происходит в течение первых дней.

Бета-активные и особенно бета-гамма-активные осколки, а также искусственные радиоактивные изотопы некоторых элементов могут быть использованы для боевых целей. Будучи распределенными на местности или распыленными в воздухе, они способны наносить поражение за счет вредного биологического действия излучений на организм человека. Заражение местности в этом случае происходит примерно так же, как и при

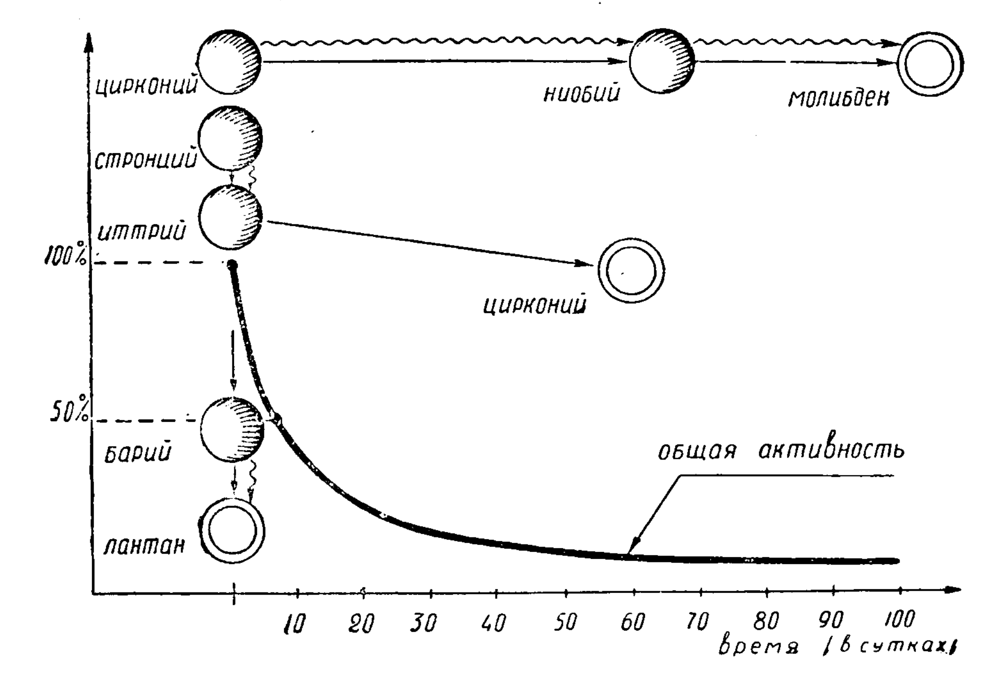


Рис. 4. Цепочки радиоактивных превращений, кривая падения активности продуктов деления ядер

выпадении радиоактивных веществ в результате атомного взрыва.

Степень заражения местности при атомном взрыве, как известно, зависит от высоты взрыва, от характера местности и от метеорологических условий. При воздушном взрыве радиоактивное заражение обычно невелико, так как радиоактивные частицы уносятся образующимся при этом облаком и рассеиваются на большой площади. Поэтому в район взрыва можно войти через несколько минут после взрыва, не опасаясь поражения. При наземном или подземном атомном взрыве получается более значительное заражение местности, особенно в радиусе нескольких сотен метров от места взрыва. Вещества, выпавшие на местность, состоят из осколков деления и неразделившегося ядерного горючего и испускают альфа-, бета- и гамма-лучи.

Характер поражения организма зависит от величины полученной дозы. Поэтому сокращение времени пребывания в зараженном районе, быстрое преодоление зараженного участка могут значительно уменьшить или предотвратить потери от действия радиоактивных веществ. При преодолении участка, зараженного радиоактивными веществами, нужно следить за тем, чтобы радиоактивная пыль не попала внутрь организма. С этой целью целесообразно использовать обычные противохимические средства.

Если радиоактивные вещества попадают на боевую технику, то для защиты экипажей от их действия необходимо удалить эти вещества с поверхности того или иного объекта. Процесс удаления радиоактивных веществ с поверхности предмета называют дезактивацией, а с поверхности открытых частей тела — санитарной обработкой. Пока

не известны физико-химические способы, которые бы позволили затормозить или ускорить радиоактивный распад, ибо все химические реакции затрагивают только электронные оболочки атома, но не ядро. Поэтому дезактивация и санитарная обработка производятся путем механического удаления радиоактивных веществ. Достаточно надежным методом удаления является обмывание различных частей тела водой с мылом. С одежды радиоактивные вещества можно удалить чисткой или вытряхиванием. Дезактивация материальной части, строений, местности может производиться или смыванием радиоактивных веществ с поверхности или удалением поверхностного слоя вообще.

В ряде случаев, когда можно отказаться от пользования зараженными предметами или от пребывания в зараженном районе, следует использовать свойство самопроизвольного распада. Интенсивность излучений радиоактивных веществ довольно быстро уменьшается настолько, что даже сильно зараженные участки через несколько дней становятся безопасными. Конечно, при их преодолении должны быть приняты меры, предупреждающие людей от соприкосновения с зараженными предметами. Так, знание свойств радиоактивных веществ и законов радиоактивного распада помогает правильно организовать защитные мероприятия и ослабить вредное действие радиоактивных веществ.

Однако полностью избавить народы от угрозы поражающего действия радиоактивных веществ можно лишь при безусловном запрещении боевого применения их, как и других видов оружия массового уничтожения.

Подполковник медицинской службы
А. А. ЛАВНИКОВ

Кандидат технических наук
инженер-майор В. П. СЫРНЕВ

РАДИОАКТИВНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

В Советской стране все достижения науки поставлены на службу народу, на обеспечение дальнейшего роста благосостояния советских людей. Среди новейших достижений науки важное место занимает открытие искусственной радиоактивности и разработка методов получения искусственных радиоактивных изотопов. Радиоактивные вещества находят все большее практическое применение. Используя эти вещества, советские ученые глубже проникают в тайну атома, исследуют сложные биологические явления, совершенствуют производственные процессы.

В то время как в Советском Союзе развертывается мирное применение атомной энергии и радиоактивных веществ, реакционные круги империалистических государств стремятся использовать вредные биологические действия радиоактивных излучений наряду с атомным и бактериологическим оружием как средство массового уничтожения людей. Империалисты планируют использование радиоактивных веществ для массового

поражения войск и населения путем заражения местности и атмосферы.

Что представляют собой радиоактивные излучения и как они воздействуют на организм человека? Радиоактивные вещества излучают альфа- и бета-частицы. Причем этот процесс у некоторых веществ (радий, радиоактивный кобальт, барий и др.) в большинстве случаев сопровождается гамма-излучением. Радиоактивное излучение невидимо и вообще не обладает никакими специфическими свойствами, которые позволили бы обнаружить его без применения специальных приборов. Проникая через какую-либо среду, радиоактивное излучение взаимодействует с веществом среды. В результате такого взаимодействия происходит ионизация атомов и молекул вещества. В правой части рисунка 5 показаны проникающая способность и ионизирующее действие альфа-, бета- и гамма-излучений. Последнее условно изображено на рисунке 5 количеством ионов, образующихся в одном кубическом миллиметре объема. Ионизирующее действие альфа-лучей принято за единицу.

Наибольшей ионизирующей способностью обладает альфа-излучение, поэтому оно поглощается средой наиболее сильно. Альфа-лучи хорошо задерживаются одеждой человека, полностью предохраняющей от их действия. В воздухе альфа-частицы способны пролетать не более нескольких десятков миллиметров, в живых тканях проникать на 0,05 мм.

Бета-лучи обладают гораздо меньшей ионизирующей способностью, поэтому они поглощаются веществом значительно слабее. Эти лучи могут проходить через пластинку алюминия толщиной в несколько миллиметров, проникать через одежду

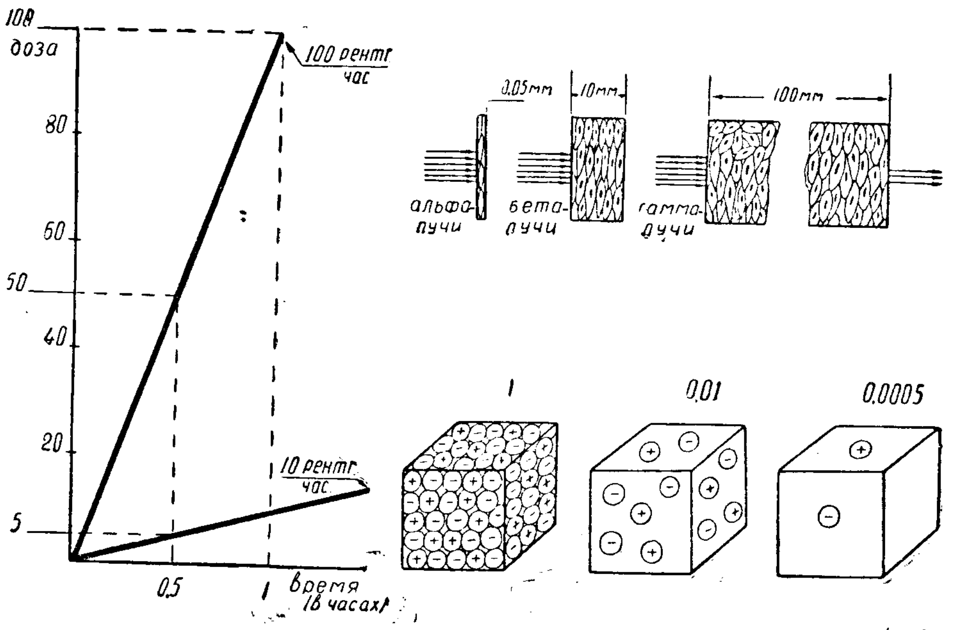


Рис. 5. График зависимости величины дозы от мощности дозы и времени (рис. слева). Проникающая и ионизирующая способность радиоактивных излучений

человека, углубляясь внутрь тела на несколько миллиметров. С увеличением энергии бета-частиц их проникающая способность возрастает.

Гамма-лучи обладают наименьшей ионизирующей способностью и имеют большую проникающую способность. Слой половинного ослабления при прохождении гамма-лучей через живые ткани составляет около 10 см. Проникающая способность гамма-лучей возрастает с уменьшением длины волны излучения. Ввиду большой проникающей способности гамма-лучей необходимо предусматривать надежную защиту от них.

Для количественной характеристики радиации введено понятие о дозе излучения. Дозой называют энергию излучения, поглощенную в одном кубическом сантиметре среды. Эта энергия идет на ионизацию вещества. Поэтому степень ионизации вещества пропорциональна величине поглощенной энергии излучения в одном кубическом сантиметре, т. е. дозе излучения.

Величина дозы гамма-излучения зависит от интенсивности этого излучения, т е. от количества энергии, переносимой гамма-лучами через квадратный сантиметр облучаемой поверхности за одну секунду. Величина дозы тем больше, чем больше время облучения и плотность вещества. Кроме того, величина дозы зависит от номера химического элемента в таблице Менделеева и длины волны излучения.

У человека, не защищенного от воздействия радиоактивного излучения, при определенных дозах облучения может возникнуть специфическое заболевание — лучевая болезнь. Она может быть острой и хронической. Острая форма лучевой болезни возникает при получении организмом значительных доз в течение короткого периода вре-

мени. Хроническая форма лучевой болезни появляется в результате воздействия на организм малых доз радиоактивных излучений в течение длительного времени. В легких случаях лучевой болезни отмечаются тошнота, головные боли, головокружение, иногда незначительное и временное уменьшение количества белых кровяных шариков. В более тяжелых случаях усиливаются слабость, тошнота, рвота, головная боль, головокружение, уменьшается аппетит, появляется жажда, повышается температура, уменьшается количество форменных элементов крови, наблюдается выпадение волос, кровоточивость. Лучевая болезнь развивается постепенно и протекает не у всех одинаково. Как правило, она заканчивается выздоровлением.

Вредное биологическое действие радиоактивных излучений на организм объясняется их способностью ионизировать молекулы живых тканей. Вследствие этого в организме происходят сложные изменения, касающиеся в первую очередь центральной нервной системы. Степень этих изменений зависит прежде всего от величины дозы излучения, полученной организмом.

Величина дозы измеряется единицами, называемыми рентгенами. Рентген представляет собою такую дозу излучения, при которой в одном кубическом сантиметре воздуха при нормальных атмосферных условиях возникает два миллиарда пар ионов, каждый из которых имеет заряд, равный по величине заряду электрона.

Степень ионизации воздуха, выраженная в рентгенах, пропорциональна степени ионизации тканей человеческого тела в широком диапазоне длин волн гамма-излучений. Это объясняется тем, что атомный номер воздуха близок к атом-

ным номерам большинства тканей человека. При одном и том же атомном номере веществ отношение доз равно отношению плотностей этих веществ. Таким образом, доза излучения, полученная тканью человеческого тела, в широком диапазоне длин волн пропорциональна дозе излучения в воздухе. Поэтому по дозе излучения, измеренной в воздухе, можно судить о дозе, полученной человеком на зараженном участке.

Вредное действие на незащищенный организм человека оказывают все виды излучений. При этом наиболее опасным является гамма-излучение. Оно хотя и обладает наименьшей ионизирующей способностью, но может очень глубоко проникать внутрь организма и поражать ткани жизненно важных для человека органов. Воздействие радиоактивного излучения определяется прежде всего величиной полученной организмом дозы. С возрастанием этой дозы в организме происходят все более существенные изменения. Так, например, доза излучения менее 0,25 рентгена не влечет за собой каких-либо изменений в организме. При облучении дозой до 50 рентген могут быть незначительные временные изменения состава крови. Доза излучения в 100—200 рентген может вызвать только легкое заболевание.

Воздействие на незащищенный организм той или иной дозы зависит от состояния здоровья человека, характера облучения, времени и периодичности облучения. Одна и та же доза при общем облучении может вызвать тяжелое заболевание, в то время как при местном облучении может оказаться безопасной для организма. То же нужно сказать и о времени облучения. Доза в 600 рентген, полученная организмом за одну минуту, опасна, а за 50 лет — безвредна. Так,

например, для человека оказываются безвредными космические лучи и гамма-излучения естественных радиоактивных веществ, содержащихся в почве и воде. Величина дозы этих излучений не превосходит предельно допустимой дозы при систематическом облучении, т. е. 0,05 рентгена в день.

Человеческий организм обладает замечательным свойством — способностью тканей к самовосстановлению, если они повреждены незначительно. Поэтому, например, при однократном получении даже сравнительно большой дозы в 50 рентген все нарушения в организме, вызванные облучением, с течением времени проходят.

Допустимые дозы бета- и альфа-лучей при внешнем облучении значительно больше, ибо эти лучи, имея небольшую проникающую способность, могут повредить, главным образом, ткани наружного покрова человеческого тела. Внешнее облучение альфа-лучами не вызывает лучевой болезни.

Наиболее тяжелое поражение радиоактивные вещества наносят, попадая внутрь организма при вдыхании зараженного воздуха, радиоактивной пыли и употреблении зараженных продуктов и воды. Под воздействием внутреннего облучения с течением времени могут быть поражены жизненно важные органы человека. Причем наиболее опасным является альфа-излучение, ибо оно обладает наибольшей ионизирующей способностью.

Надежной защитой от попадания внутрь организма радиоактивных веществ может служить применение обычных противогазов. От заражения поверхности тела способна предохранить одежда из плотной хлопчатобумажной ткани,

например, комбинезон. Чтобы предупредить заболевание лучевой болезнью, важно правильно использовать различные укрытия и инженерные сооружения, своевременно удалять людей из районов, сильно зараженных радиоактивными веществами, и проводить санитарную обработку. Существенно также наладить контроль за величиной дозы, полученной каждым человеком.

Для предотвращения вредного действия радиоактивных веществ необходимо вести контроль за величиной концентрации радиоактивных веществ на различных предметах, с которыми соприкасаются люди, в питьевой воде, в воздухе. Уровень излучения, создаваемый радиоактивными веществами на зараженном участке, характеризуется обычно мощностью дозы, которая измеряется в рентгенах в час. Измерив с помощью специальных приборов мощность дозы и зная время пребывания на зараженном участке, можно определить величину дозы. В левой части рисунка 5 показана зависимость величины дозы от времени пребывания на зараженном участке для различных уровней радиации. Пусть, например, мощность дозы 10 рентген в час. При пребывании на зараженном участке в течение 30 минут человек получит дозу в 5 рентген. При уровне радиации 100 рентген в час за то же время человек получит дозу 50 рентген, что является предельно безопасной дозой однократного облучения.

Для измерения доз излучения, получаемых людьми, находящимися на зараженном участке, а также для определения степени заражения техники и различного имущества производится дозиметрический контроль. Подобный контроль осуществляется при помощи специальных дозиметрических приборов, которые позволяют быстро и

точно определить наличие и степень радиоактивного заражения людей, грунта, воздуха, воды, продовольствия и техники, а также дозу излучения.

Своевременное обнаружение участков, зараженных радиоактивными веществами, точное определение уровня излучения позволяют правильно организовать преодоление этих участков, ослабить или даже полностью предотвратить вредное действие радиоактивных излучений.

○ ○ ═══════ ○ ○ ○ ═══════ ○ ○

*Профессор доктор технических наук
генерал-майор инженерно-технической службы
Г. И. ПОКРОВСКИЙ*

*Кандидат технических наук
инженер-подполковник М. П. АРХИПОВ*

В АТМОСФЕРЕ И НА МОРЕ

Характер действия ядерных сил во многом зависит от того, в какой среде протекает ядерная реакция взрывного типа. Большим своеобразием отличаются атомные взрывы, производимые в атмосфере или в глубинах моря. В этих случаях может наблюдаться серьезное изменение мощности и радиуса действия ударной волны, светового излучения, проникающей радиации и радиоактивного заражения по сравнению со взрывом, происходящим на поверхности земли или воды.

Остановимся сначала на особенностях атомного взрыва в атмосфере, представляющей собой, как известно, газообразную оболочку земли. Атмосфера имеет ясно выраженное слоистое строение. В настоящее время известны три слоя: тропосфера, стратосфера и ионосфера. Каждый слой имеет присущие ему особенности.

Ближайшей к земле является тропосфера. Она простирается в наших широтах примерно до вы-

соты 11 км. В тропосфере происходит постоянное перемешивание воздушных масс в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Это перемешивание связано с тепловым воздействием земли, которое сказывается в том, что наиболее близкие к земле слои воздуха нагреваются и поднимаются вверх. При этом они расширяются и охлаждаются, и в тропосфере образуются облака и осадки. Наличие влаги сказывается на пропускании тропосферой света. Если ультрафиолетовое излучение легко проникает через нижний слой атмосферы, инфракрасное излучение серьезно ослабляется содержащимся в тропосфере водяным паром.

В следующем слое — стратосфере вертикальное перемешивание воздуха отсутствует, почти нет водяного пара и нет облаков, способных давать осадки. Стратосфера характеризуется наличием на высоте 15—60 км ничтожного количества озона (трехатомного кислорода). Однако и это количество озона почти полностью поглощает ультрафиолетовое излучение с длинами волн менее 0,29 микрона. Таким образом, атмосфера служит как бы громадным фильтром, который не пропускает к земле лучистую энергию солнца с длинами волн короче 0,29 микрона.

Зная строение атмосферы, можно установить физику действия ядерных сил в этих условиях. Возьмем, к примеру, воздушную ударную волну. Ее разрушающее действие определяется давлением во фронте волны и скоростным напором. С увеличением высоты, как известно, происходит уменьшение плотности и температуры воздуха. Падение плотности приводит к уменьшению количества воздуха, вовлекаемого ударной волной

в движение. В результате давление во фронте ударной волны на высоте на одном и том же удалении от места взрыва будет меньше, чем у земли. Это приводит к ослаблению поражающего действия ударной волны.

Если с подъемом на высоту поражающее действие ударной волны снижается, то действие светового излучения может возрасти. Вблизи поверхности земли газы и пары сильно поглощают коротковолновую ультрафиолетовую и длинноволновую инфракрасную части спектра. Насколько сильно это поглощающее действие, можно судить по тому, что слой кислорода толщиной в один метр полностью задерживает ультрафиолетовое излучение с длинами волн короче 0,185 микрона. Не меньшей способностью поглощать длинноволновую часть инфракрасных лучей спектра обладают водяные пары. С увеличением же высоты плотность воздуха, количество газов и паров воды в нем уменьшается. Кроме того, на большой высоте исключается влияние пыли, которая поднимается в виде густого облака при атомном взрыве у земли. Все это приводит к увеличению поражающего действия светового излучения в атмосфере по сравнению со взрывом на земле (см. рис. 6).

Несомненно, на поражающие факторы ядерного взрыва влияет состояние тропосферы. Поражающее действие светового излучения будет гораздо слабее при наличии облаков и осадков. В стратосфере благодаря присутствию там озона более интенсивно поглощается ультрафиолетовая часть спектра в интервале длин волн от 0,175 до 0,29 микрона, зато почти совсем не поглощается инфракрасная часть спектра. Но в целом световое излучение в стратосфере, как и в тропосфере,

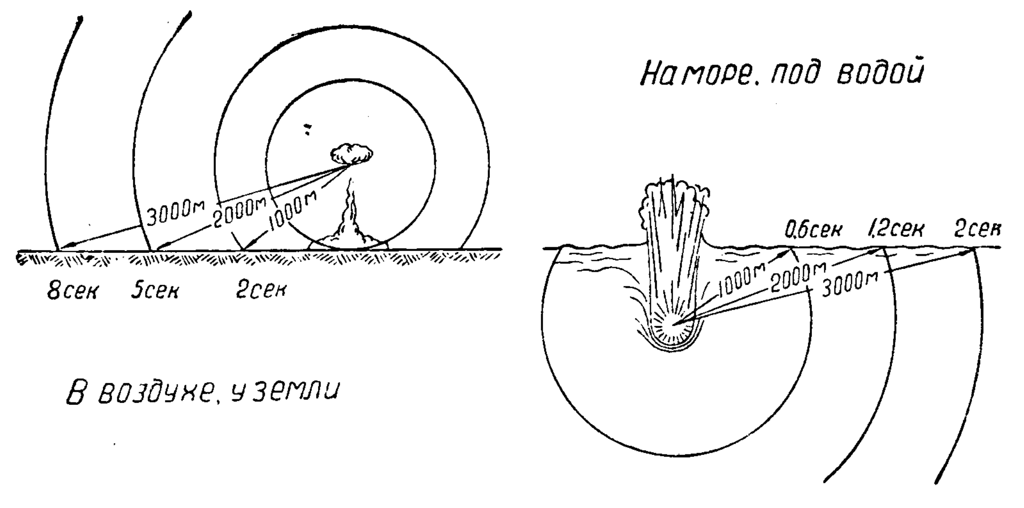


Рис. 6. Скорость распространения ударной волны на земле и под водой

по сравнению с условиями вблизи поверхности земли, будет усилено.

Действие проникающей радиации с увеличением высоты атомного взрыва усиливается даже в большей степени, чем действие светового излучения. Ведь степень ослабления гамма-лучей в том или ином веществе зависит, как известно, от плотности этого вещества. Следовательно, с подъемом на высоту для ослабления гамма-лучей в одно и то же число раз потребуется большая толщина воздуха. Например, для того, чтобы ослабить гамма-лучи в 2,7 раза у поверхности земли, нужен слой воздуха около 200 м, на высоте 10 км — слой воздуха около 600 м, а на высоте 20 км — слой воздуха около 3 километров.

Таковы особенности действия атмосферы на поражающие факторы ядерного взрыва. Рассмотрим, как будут протекать эти процессы в районе больших водных пространств — морей и океанов. Взрыв над поверхностью моря создает такие же воздушные ударные волны, как и над сушей. Определяющим будет и здесь максимальное избыточное давление воздуха, получающееся при набегании волны на поражаемый объект. Световое излучение, как и над поверхностью земли, может производить воспламенение горючих материалов и ожоги незащищенных частей человеческого тела. Действие проникающего излучения на живую силу будет осуществляться обычным путем. Радиоактивное заражение воды при воздушном взрыве сравнительно невелико.

Однако у атомного взрыва, происходящего над морем, есть и отличие от взрыва над сушей. Над ровной поверхностью воды, имеющей небольшую температуру, воздушная ударная волна будет обладать более высоким давлением, чем над по-

верхностью грунта. Объясняется это тем, что земля покрыта растительностью, имеет неровности и сильно нагревается под действием светового излучения. Кроме этого, отличие взрыва над морем будет состоять в том, что после взрыва на поверхности воды образуется волна, бегущая от места взрыва. Однако она не является определяющей для поражения кораблей. Их главным образом поражает ударная воздушная волна. Она производит разрушающее действие на надстройки кораблей, мачты, антенны различных радиоустановок, радиолокаторов, а также на береговые объекты — здания, автомашины, артиллерийскую технику.

Взрыв атомного или водородного заряда на достаточной глубине — в десятки или сотни метров под водой — существенно отличается от взрыва в воздухе. Прежде всего при взрыве в воде световое излучение и проникающая радиация поглощаются в воде вблизи от места взрыва и наружу практически не выходят. Энергия светового излучения идет на испарение воды. Расширяющийся пар усиливает механическое действие взрыва.

В конечном итоге при взрыве атомных и водородных зарядов под водой практически вся энергия, выделяемая этими зарядами, переходит в механическую работу сжатия и перемещения окружающей воды. В этом отношении подводный взрыв атомных и водородных зарядов гораздо больше похож на взрыв обычного взрывчатого вещества, чем это имеет место в воздухе, когда примерно половина энергии уходит в виде светового и проникающего излучений. Как видно из приведенных на стр. 48 рисунков, изображающих скорость распространения ударной волны, подвод-

ный взрыв от взрыва в воздухе отличается еще и тем, что скорость распространения ударной волны в воде значительно больше скорости распространения ударной волны в воздухе.

В воде получается очень мощная ударная волна. Давление этой волны более чем в сто раз превосходит то давление, которое получается на таком же расстоянии при воздушном взрыве того же заряда. Вместе с тем время действия водяной ударной волны существенно меньше, чем в воздухе, особенно вблизи поверхности воды. Это объясняется следующим.

При подходе ударной волны к поверхности она выбрасывает поверхностный слой воды вверх. В результате этого над местом взрыва поднимается большой водяной столб диаметром в несколько сотен метров и имеющий значительную высоту. Вслед за тем наружу вырываются массы водяного пара. Вокруг места взрыва на поверхности воды возникает огромная волна, называемая базисной волной. Эта волна распространяется во все стороны и быстро уменьшается. Тем не менее она может быть опасной для небольших кораблей, а также для людей и техники, находящейся на низких берегах на расстоянии многих километров от места взрыва атомных зарядов. Дополнительная опасность базисной волны состоит в том, что она несет в себе большое количество радиоактивных веществ.

Вследствие выброса воды вверх давление внутри основной массы воды резко падает. В результате этого вслед за волной сжатия движется волна разрежения, причем вблизи поверхности воды фронт волны разрежения нагоняет фронт волны сжатия. Это и приводит к резкому уменьшению времени действия высокого давления

ударной водяной волны вблизи поверхности воды и к соответствующему снижению разрушений.

Чем меньше глубина взрыва, тем ближе идет фронт волны разрежения за фронтом волны сжатия. Поэтому чем меньше глубина места взрыва, тем меньше механическое разрушающее действие ударной волны. Однако действие подводного взрыва может быть дополнительно усилено в результате отражения ударной волны взрыва от дна моря. Степень отражения зависит от того, какие грунты или горные породы находятся на дне. Отражение слабее при илистом и песчаном дне и сильнее от прочных скалистых горных пород. Возникающие при подводном взрыве волны повышенного давления проникают в грунт дна водоема и распространяются по грунту на значительные расстояния.

При подводном атомном взрыве в воде остаются все продукты распада. Кроме того, под действием нейтронов в воде образуется большое количество радиоактивных изотопов солей натрия, марганца, бария и др. Эти продукты и радиоактивные изотопы солей обладают громадной радиоактивностью, они интенсивно испускают излучения. Поэтому вода сильно заражается радиоактивными веществами и очаг взрыва становится на некоторое время недоступным для людей. Вода может переноситься течением, и тогда радиоактивное заражение может распространиться далеко за пределы зоны первоначального заражения. Однако при этом заражение воды со временем довольно быстро уменьшается.

Взрыв атомных и водородных зарядов может происходить на самых разнообразных глубинах. Если же атомный или водородный заряд не погрузился в воду, то получится взрыв вблизи по-

верхности воды. В этом случае будет иметь место промежуточный случай по сравнению с рассмотренными раньше. Как в воздухе, так и в воде возникнут ударные волны. Поражающее действие за счет проникающей радиации и светового излучения будет меньшим, чем при воздушном взрыве, но больше, чем при подводном взрыве. Радиоактивное заражение воды может быть меньше, чем при подводном взрыве.

Все сказанное позволяет сделать вывод о том, что среда, в которой происходит атомный взрыв, сильно влияет на характер и силу поражающего действия ударной волны, светового и проникающего излучений, радиоактивного заражения грунта, воды, воздуха. Подробный научный анализ этого влияния дает возможность наилучшим образом обеспечить противоатомную защиту.

═══ о о ═══

о о ═══ о о о ═══ о о

Кандидат технических наук
инженер-майор В. П. СЫРНЕВ

РАДИАЦИОННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Широкое применение радиоактивных веществ в различных отраслях народного хозяйства вызвало необходимость разработки способов обнаружения этих веществ и измерения их излучений. Для этой цели применяются так называемые радиометрические и дозиметрические приборы. Принцип их действия и устройство основаны на законах физики, электро- и радиотехники.

В большинстве дозиметрических приборов используется способность радиоактивных излучений при своем распространении ионизировать атомы и молекулы веществ. Процесс радиационных измерений сводится, таким образом, к обнаружению и определению числа пар ионов, вызванных радиоактивным излучением. Наиболее удобной средой для обнаружения излучения являются газы. Дело в том, что газы в нормальном состоянии содержат главным образом электрически нейтральные молекулы и атомы. Появление в газе ионов или электронов свидетельствует об ионизирующем действии какого-то излучения.

Каким же образом можно обнаружить присутствие электронов или ионов в газе? Для этих це-

лей в современных дозиметрических приборах используются так называемые ионизационные камеры, представляющие собой в простейшем случае электрические конденсаторы, которые являются двумя проводниками, разделенными изолятором. В качестве проводников-обкладок конденсатора могут быть взяты пластины из алюминия, латуни, станиоли. Изоляторами в конденсаторах, используемых в дозиметрических приборах, может быть воздух или какой-либо другой газ. Простейший конденсатор, как это показано в левой части приведенного здесь рисунка, выполняется в виде двух изолированных друг от друга параллельных пластин (рис. 7). К обкладкам конденсаторов подводится напряжение постоянного тока.

Посмотрим, каким образом подобный прибор может применяться для обнаружения и измерения уровня радиации на местности, зараженной радиоактивными веществами. Вне зоны радиоактивного заражения излучение отсутствует, а значит нет ионов и электронов между обкладками конденсатора. Воздух является хорошим изолятором, поэтому измерительный прибор, включенный в цепь конденсатора, не покажет тока (стрелка будет стоять на нуле). Если прибор поместить в зону радиоактивного заражения, то излучение вызовет ионизацию воздуха между обкладками конденсатора. Под действием электрического поля ионы начнут двигаться к пластинам и между обкладками конденсатора потечет так называемый ионный ток. Это вызовет отклонение стрелки измерительного прибора на угол, соответствующий силе тока в электрической цепи.

Если увеличивать напряжение источника питания при неизменной интенсивности излучения, то

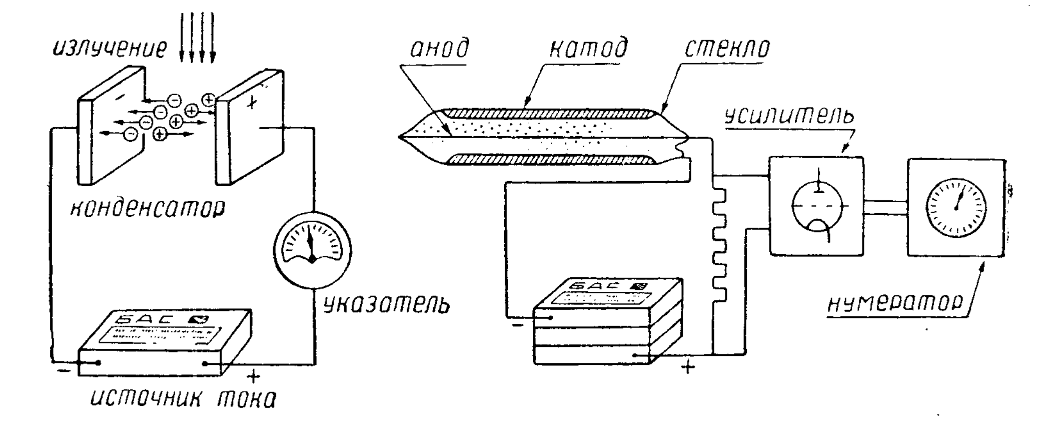


Рис. 7. Схемы дозиметрических приборов

ионный ток начнет возрастать. Стрелка прибора будет отклоняться на все больший угол. Однако наступит момент, когда увеличение напряжения до определенного предела уже не вызывает возрастания тока. Наибольшая величина, которой достигает ток при увеличении напряжения, называется током насыщения. При таком токе количество образующихся за счет радиоактивного излучения ионов практически равно количеству ионов, попадающих на пластины конденсатора за то же время.

Сила ионного тока в ионизационных камерах пропорциональна числу пар ионов, создаваемых радиоактивным излучением за одну секунду в пространстве между обкладками конденсатора (рабочий объем камеры). Поэтому показания приборов, указывающих силу тока в цепи, пропорциональны мощности дозы и на их шкале обозначается количество рентгенов в час. Умножив величину показания прибора на время пребывания на зараженном участке, можно определить дозу излучения.

В ионизационных камерах, даже при сравнительно мощном излучении, сила ионного тока очень мала. Например, если рабочий объем камеры равен одному кубическому дециметру, то при мощности дозы один рентген в час величина ионного тока не превосходит одной десятимиллиардной доли ампера. Такие малые токи могут быть измерены только после их предварительного усиления с помощью электронного усилителя.

Наряду с необходимостью измерения уровня радиации важно уметь определять степень зараженности воздуха, воды, пищи. Эта степень зараженности оценивается скоростью распада радиоактивного вещества, или, иными словами, числом

распадов атомов за одну минуту с единицы поверхности (квадратный сантиметр), или на единицу веса (грамм), или на единицу объема (литр). Распад каждого атома сопровождается радиоактивным излучением, поэтому, подсчитывая число излучаемых частиц, можно определить степень зараженности.

Прохождение отдельных частиц в рабочем объеме ионизационной камеры вызывает в электрической цепи скачки (импульсы) тока. Но в ионизационных камерах величины импульсов тока, создаваемые отдельными частицами, очень малы и для их измерения требуются сложные усилители. Поэтому ионизационные камеры практически находят применение только для измерения суммарного ионизационного эффекта, вызванного прохождением большого числа частиц через рабочий объем камеры.

Для измерения степени зараженности, а также измерения излучений слабых интенсивностей в дозиметрических приборах используются счетчики частиц. Устройство счетчиков принципиально ничем не отличается от ионизационной камеры. Но напряжение источника тока берется гораздо более высоким.

Если к обкладкам конденсатора, изображенного в левой части рисунка 7, приложить напряжение, равное нескольким тысячам вольт, то с увеличением напряжения ионный ток при одной и той же интенсивности излучения начнет резко возрастать и сделается во много раз больше тока насыщения. Усиление тока объясняется появлением так называемой ударной ионизации. Первичные ионы, созданные излучением, двигаясь к пластинам конденсатора, разгоняются до таких скоростей, что сами при ударе с нейтральными

атомами или молекулами ионизируют их. Один первоначальный ион после столкновения с нейтральным атомом создает еще два иона. Эти ионы, в свою очередь приобретая большие скорости, создают новые ионы и т. д. После десятого столкновения от каждого начального иона возникает уже тысяча ионов. Число ионов растет, как снежный ком, катящийся с горы.

При больших напряжениях величина импульса тока вообще может оказаться не зависящей от величины первоначальной ионизации. Такие счетчики называются счетчиками с самостоятельным разрядом. Величина импульса тока в этих случаях в десятки и сотни тысяч раз больше величины импульса тока в ионизационной камере. Поэтому каждая частица излучения, создавшая хотя бы одну пару ионов в рабочем объеме счетчика, отметит свое появление импульсом тока, который ввиду его большой величины может быть сравнительно просто отмечен.

В правой части приведенного здесь рисунка 7 изображена схема счетчика. Он представляет собой цилиндрический конденсатор, катодом которого является металлический цилиндр, а анодом — тонкая металлическая нить радиусом в десятые доли миллиметра. Применение цилиндрического конденсатора позволяет значительно снизить величину необходимого напряжения источника питания. Если для плоского конденсатора величина этого напряжения равна нескольким тысячам вольт, то для цилиндрического конденсатора она равна всего нескольким сотням вольт.

В электрическую цепь анода включается сопротивление. Ионный ток, проходя по этому сопротивлению, создает импульс напряжения. После усиления импульс напряжения подается к реги-

стрирующему прибору — нумератору, автоматически считающему импульсы, а значит и частицы, проходящие через рабочий объем. Таким путем, регистрируя число частиц, излучаемых радиоактивными веществами за определенный промежуток времени, можно определить степень зараженности какой-либо поверхности этим веществом.

Отношение числа частиц, отмеченных прибором, к общему числу частиц, проходящих через рабочий объем, называется эффективностью счетчика. Эффективность счетчика зависит от вида частиц. При измерении количества альфа-частиц эта эффективность значительно выше, чем при определении числа гамма-квантов.

При создании счетчиков приходится учитывать и другие свойства различных видов радиоактивного излучения. Так, проникающая способность альфа-излучения очень мала, стеклянная оболочка счетчика их может полностью поглотить. Поэтому счетчики, а также и ионизационные камеры, регистрирующие альфа-частицы, для впуска этих частиц имеют специальное окошко, прикрытое очень тонким слоем слюды. Полный пробег альфа-частицы в воздухе равен всего нескольким сантиметрам, поэтому для производства измерений счетчик должен подноситься непосредственно к радиоактивному веществу. Для измерения количества бета-частиц ввиду их небольшой проникающей способности применяются тонкостенные металлические счетчики или торцевые— с окном. Гамма-кванты свободно проникают через стеклянную оболочку и материал катода, поэтому принимать специальные меры для попадания этих частиц в рабочий объем счетчика не приходится.

Различная проникающая способность альфа-,

бета- и гамма-лучей может быть использована для определения типа излучения, создаваемого радиоактивным веществом. Если, скажем, при измерениях входное окно счетчика закрыть металлической пластинкой толщиной 0,1 мм, то это может привести к прекращению показаний прибора. Значит, радиоактивное вещество излучает альфа-лучи или бета-лучи очень малой энергии.

При нахождении людей на участке, зараженном радиоактивными веществами, очень важно организовать контроль за величиной дозы, получаемой каждым человеком. Своевременное определение величины дозы позволяет принимать своевременные меры по лечению лучевой болезни.

Для индивидуального контроля облучения используются так называемые карманные ионизационные камеры. Карманная ионизационная камера представляет собой миниатюрный конденсатор, имеющий размер автоматической ручки. С помощью такого прибора можно определить дозу, полученную человеком за определенный промежуток времени. Принцип действий такой ионизационной камеры очень прост. Зарядим конденсатор, а затем отключим от источника питания. При отсутствии ионизации между обкладками конденсатор сохраняет свой заряд в течение длительного времени. Радиоактивное излучение вызывает появление ионов, которые, притягиваясь к пластинам конденсатора, постепенно разряжают его.

Изменение заряда конденсатора пропорционально числу ионов, возникающих между его обкладками. А число возникших ионов определяется дозой излучения. Поэтому по уменьшению заряда конденсатора можно судить о полученной человеком дозе излучений.

Интересен еще один метод обнаружения радиоактивных излучений. Он основывается на почернении фотографических пластинок и пленок под действием, например, гамма-лучей. Фотографический метод позволяет не только обнаружить радиоактивные лучи, но и производить индивидуальный дозиметрический контроль. Для этих целей фотографические пленки закладываются в металлическую кассету, которую человек может всегда иметь при себе. Гамма-излучение свободно проходит через стенки кассеты, вызывая почернение фотографической эмульсии. Степень почернения пленки может служить мерой дозы излучения, полученной человеком.

Атомный взрыв отличается от взрыва обычных взрывчатых веществ не только своей огромной разрушительной силой, но и такими сопровождающими его физическими процессами, как мощное световое излучение, проникающая радиация, радиоактивное заражение воздуха и местности. Изучение физики действия ядерных сил во всех этих процессах помогает советским ученым прокладывать пути практического использования в народном хозяйстве энергии атомного взрыва наряду с энергией, выделяемой при управляемых ядерных реакциях. Использование атомной энергии поднимет на новый, еще более высокий уровень производительные силы нашей Родины.



СОДЕРЖАНИЕ

К ЧИТАТЕЛЯМ!

Военное Издательство просит присылать свои отзывы и замечания на эту книгу по адресу: Москва, 104, Тверской бульвар, 18, Управление Военного Издательства.

Физика действия ядерных сил. Сборник статей

Редактор *Я. М. Кадер*
Художественный редактор *А. М. Голикова*
Обложка художника *Б. С. Иванова*
Технический редактор *Н. П. Межерицкая*
Корректор *Е. В. Федорова*

Сдано в набор 11.6.54 г. Подписано в печать 5.7.54 г.
Формат бумаги $70 \times 92^1/_{32}$ — 2 п. л.=3,28 усл. п. л. 2,238 уч.-изд. л.
Г-05645.

Военное Издательство Министерства Обороны Союза ССР
Москва, Тверской бульвар, 18. Изд. № 1/7432. Зак. 250.

1-я типография имени С. К. Тимошенко
Управления Военного Издательства Министерства Обороны СССР

Цена 70 коп.



7к
Цена 70 коп.

343